NEOTROPICAL
BIOLOGY AND CONSERVATION

Neotropical Biology and Conservation
14(1): 43–54 (2019)
doi: 10.3897/neotropical.14.e34836

RESEARCH ARTICLE

Efeito da granulometria da areia no sucesso de eclosão de ovos da tartaruga marinha *Caretta caretta*

Maria Fernanda Tacchi[1], Fernanda Peres Quirino[1], Diego Júnior Martins Ferreira[1], Lílian Gomes Afonso[1], Frederico Tognin[2], Daniel Negreiros[1]

1 *Instituto de Ciências Biológicas e Saúde. Centro Universitário UNA. Rua Guajajaras, 175, 30180-100, Belo Horizonte, MG, Brasil*

2 *Fundação Centro Brasileiro de Proteção e Pesquisa das Tartarugas Marinhas, Base Costa do Sauípe, Rua Rubens Guelli, 134/307, Itaigara, Salvador, BA, Brasil*

Corresponding author: *Daniel Negreiros* (negreiros.eco@gmail.com)

Academic editor: *A. M. Leal-Zanchet* | Received 10 February 2018 | Accepted 08 December 2018 | Published 11 April 2019

Citation: Tacchi MF, Peres Quirino F, Martins Ferreira D, Gomes Afonso L, Tognin F, Negreiros D (2019) Effect of sand granulometry on the egg hatchling success of the sea turtle *Caretta caretta*. Neotropical Biology and Conservation, 14(1): 43–54. https://doi.org/10.3897/neotropical.14.e34836

Abstract

The environmental characteristics of nesting sites of sea turtles may directly interfere with the egg hatchling success. The objective of the present study was to evaluate the factors that affect the success of hatchling in the nests of the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). Data from 37 nests of *C. caretta* from the coast of Mata de São João, Bahia, northeastern Brazil, were obtained from TAMAR, Sauípe station. Samples of sand were collected in each nest to determine the granulometry. A significant negative relationship was found between the stillborn rate and the fine sand ratio ($r^2 = 0.119$; $p = 0.036$), indicating that a larger fraction of fine sand had a positive effect on nest hatchling success. The egg laying date also had a significant influence on the rate of stillbirths ($r^2 = 0.163$; $p = 0.013$), with a trend towards a higher stillbirth rate, the later the laying date of the eggs. There is indication that the transfer of eggs to sites with more favorable characteristics may be considered as a potential alternative to increase the hatchling success rate of *C. caretta* eggs.

Keywords

Abiotic factors, conservation, nest, sand, stillbirth rate

Copyright *Maria Fernanda Tacchi et al*. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

PENSOFT.

Introdução

Caretta caretta (Linnaeus 1758) (Cheloniidae) é uma das cinco espécies de tartaruga marinha que ocorre no litoral brasileiro (Lutz e Musick, 1997) e está em declínio global, sendo considerada como vulnerável à extinção segundo a lista vermelha das espécies ameaçadas da IUCN (Casale e Tucker, 2017). Essa tartaruga, conhecida como tartaruga cabeçuda, ocorre nos mares tropicais, temperados e subtropicais do Atlântico, Pacífico e Índico. Possui áreas de reprodução no sudeste dos Estados Unidos, Cabo Verde, costa do Brasil, sendo a costa da Bahia uma área remanescente de desova (Hutchinson e Hutchinson, 2006; Bosquirolli *et al.* 2007). As praias utilizadas para desova dessa espécie têm como características principais o fato de serem arenosas, largas, com a presença de baixas dunas, além de serem fronteadas por uma superfície arenosa nivelada junto ao mar (Miller *et al.* 2003).

A seleção de um local adequado para desova tem uma importância crucial para o sucesso reprodutivo de *C. caretta* (Wood e Bjorndal, 2000; Serafini *et al.* 2009; Marco *et al.* 2018), visto que o período de incubação dos ovos é um dos períodos mais críticos na vida dessa espécie (Matsuzawa *et al.* 2002). As fêmeas de tartarugas marinhas procuram ambientes com fatores físicos que proporcionem abrigo seguro e calor suficiente para o sucesso da incubação e eclosão dos ovos, geralmente na mesma localização onde nasceram (Ferreira Júnior, 2009a; Carreras *et al.* 2018). Após a eclosão dos ovos, os filhotes escalam o ninho e vão em direção ao mar. Os primeiros anos na vida do filhote são denominados como "lost years", pois pouco se sabe sobre esse período (UICN, 1995, mas veja Abalo-Morla *et al.* 2018). A cada mil filhotes que nascem somente um ou dois conseguem atingir a maturidade devido aos predadores naturais e principalmente aos fatores antrópicos que impactam todo o ciclo de vida das tartarugas marinhas (Santos *et al.* 2011; Lopez *et al.* 2015). Para algumas espécies de tartarugas marinhas, parte da vida é oceânica durante o estágio juvenil (Putman *et al.* 2012). Esses fatores de mortalidade dos filhotes são bastante variados, incluindo fatores climáticos, poluição dos oceanos, trânsito de veículos nas praias de desova, atividade pesqueira, fotopoluição; pesca com anzóis e redes de deriva; destruição de habitat, desenvolvimento costeiro, predação por animais e presença de humanos nas praias (Santos *et al.* 2011; Berry *et al.* 2013; Lopez *et al.* 2015; Pham *et al.* 2017).

As características do local de desova podem interferir não somente no desenvolvimento embrionário, mas também no tamanho e comportamento dos filhotes (Simões *et al.* 2014). Dentre os fatores abióticos que interferem no sucesso de eclosão estão a temperatura, umidade, taxa de oxigenação na areia, declívio praial, pluviosidade, presença de poluentes, além da granulometria e compactação dos sedimentos (Foley *et al.* 2006; Tomás, 2016; Marco *et al.* 2017; Souza *et al.* 2018; Swigs *et al.* 2018).

Recentes estudos indicam que as mudanças climáticas podem ainda afetar o desenvolvimento embrionário e o sucesso de eclosão dos filhotes (Hawkes *et al.* 2007; Fuentes *et al.* 2011; 2013; Laloë *et al.* 2017). A temperatura do ambiente é um fator de grande influência não apenas na sobrevivência dos filhotes, mas exerce um papel determinante na razão sexual das ninhadas de tartarugas marinhas (Mros-

ovsky, 1994; Kobayashi *et al.* 2017; Laloë *et al.* 2017). Temperaturas abaixo de 28 °C favorecem filhotes machos; acima de 28 °C favorecem filhotes do sexo feminino; e a temperatura de 28 e 30 °C favorece igualmente ambos os sexos (Ferreira Júnior, 2009a). Além disso, o tempo de incubação aumenta em temperaturas mais baixas, sendo que a redução de 1 °C na incubação dos ovos pode aumentar em cinco dias o período de incubação (Simões *et al.* 2014).

O sucesso da eclosão é influenciado de forma significativa pela umidade da areia no interior do ninho que interfere diretamente nas trocas hídricas e gasosas entre os ovos e o meio, afetando a absorção do vitelo e o crescimento dos embriões (Ferreira Júnior, 2009a). Em locais onde a areia possui baixa umidade ocorre uma redução do sucesso de eclosão dos ovos, por ocorrer uma desidratação dos embriões. Por outro lado, em níveis muito saturados de umidade, as trocas gasosas são prejudicadas, resultando em redução no sucesso da eclosão (Ferreira Júnior, 2009b). Já o tamanho das partículas de areia (granulometria) exerce importante influência na umidade dos ninhos (Castro, 2003; Ferreira Júnior, 2009a), e, consequentemente, tem potencial de afetar de forma significativa o sucesso reprodutivo de *C. caretta*.

O objetivo do presente estudo foi investigar se a data da postura dos ovos, o tempo de incubação e a proporção de areia fina influenciam o sucesso de eclosão nos ninhos da tartaruga marinha *C. caretta* nas praias de Imbassaí a Sauípe (Mata de São João - BA). Foi testada a hipótese de que o sucesso da eclosão dos ovos esteja positivamente relacionado com a proporção de areia fina. É esperado que fatores associados às características do substrato influenciem o sucesso da eclosão de ovos de *C. careta* (Foley *et al.* 2006; Ferreira Júnior *et al.* 2008; Fadini *et al.* 2011; Marco *et al.* 2017).

Métodos

Área de estudo

A área amostrada no presente estudo pertence ao município de Mata de São João, litoral norte da Bahia, nordeste do Brasil, e se estende de Imbassaí a Sauípe com 16 Km de extensão (12°26'50,9"S, 37°55'28,4"W), sendo de responsabilidade da Fundação Pró-TAMAR (TAMAR) o monitoramento, a proteção das desovas e pesquisas relacionadas às tartarugas marinhas. O clima regional predominante é o tropical Atlântico (Af na classificação Köppen), com precipitação média anual de 1760 mm e temperatura média variando entre 23,2 e 27,0 °C (Alvares *et al.* 2013; município de referência: Mata de São João, BA). A vegetação predominante na área de estudo é a Restinga, associada ao solo caracteristicamente arenoso (Almeida Júnior *et al.* 2013).

Coleta de dados

Foram obtidos do TAMAR (base Sauípe) dados de 37 ninhos de *C. caretta* localizados em um trecho característico de desova da espécie, entre os Km 1 a 13 das praias

de Imbassaí a Sauípe. A seleção do trecho estudado foi motivada por observações casuais que indicaram um histórico de baixo sucesso na eclosão de ninhadas dessa espécie. Para cada ninho foi registrada a localização geográfica, a data de postura dos ovos, data de nascimento dos filhotes, data da abertura do ninho, quantidade de filhotes vivos, filhotes natimortos, ovos não eclodidos e ovos furados.

Para caracterizar o sucesso reprodutivo nos ninhos avaliados foram calculadas as taxas de eclosão e de natimortos. A taxa de eclosão foi calculada como o número de filhotes vivos multiplicado por 100 e dividido pelo total de ovos do ninho (somatória de filhotes vivos, natimortos, ovos não eclodidos e furados). Do mesmo modo, a taxa de natimortos foi calculada como o número de filhotes natimortos multiplicado por 100 e dividido pelo total de ovos do ninho. Os ninhos avaliados foram abertos entre os dias 25 de janeiro a 9 de março de 2017.

Para verificar se a granulometria da areia tem influência no sucesso de eclosão, em cada ninho foram coletadas amostras de areia na profundidade de 50 cm (i.e., profundidade aproximada em que é feita a postura dos ovos) para a determinação da proporção de areia fina, areia grossa, silte e argila. A fim de se obter uma maior representatividade ninhos amostrados, cada amostra de areia resultou da coleta de volumes idênticos de areia em quatro pontos localizados a 2,8 metros do ninho. A amostragem foi feita segundo procedimentos descritos em Dick *et al.* (1996), sendo cada amostra seca à sombra, homogeneizada, subamostrada e enviada para análise granulométrica no Laboratório de Química Agropecuária do Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA). A análise granulométrica das amostras foi realizada conforme EMBRAPA (1997).

Análises estatísticas

Para atingir os pressupostos de normalidade, as variáveis taxa de natimortos (%), proporção de areia fina (%) e tempo de incubação (dias) foram logaritmizadas. Para verificar quais variáveis influenciaram na taxa de eclosão e taxa de natimortos, foi empregada regressão linear simples (Quinn e Keough, 2002). Nessa análise, as taxas de eclosão e de natimortos foram consideradas como variáveis dependentes e as variáveis independentes foram a data da postura dos ovos, o tempo de incubação e a proporção de areia fina. Todas as análises foram feitas considerando a significância (α) de 5%.

Resultados

Dentre os 37 ninhos de *C. caretta* avaliados a taxa de eclosão variou entre 12,5 e 96,7%, enquanto a taxa de natimortos variou entre zero e 36,7% (Tabela 1). Os ninhos amostrados apresentaram um total de ovos variando entre 70 a 158 ovos, e o período de incubação teve duração de 45 a 59 dias. Com relação à granulometria da areia, a proporção de areia fina variou entre zero e 11,5%, enquanto a proporção de areia grossa variou entre 88,5 e 100%. Em nenhum ninho avaliado foi detectada a presença de silte e argila (Tabela 1).

Tabela 1. Variáveis amostradas em 37 ninhos de *Caretta caretta* localizados entre os Km 1 a 13 das praias de Imbassaí a Sauípe, Mata de São João, Bahia, Brasil.

Ninho	Taxa eclosão (%)	Taxa natimortos (%)	Total (#ovos)	Vivos (#filhotes)	Natimortos (#filhotes)	Não eclodidos (#ovos)	Furados (#ovos)	Data postura	Tempo incubação (dias)	Areia fina (%)	Areia grossa (%)
1	56,0	36,7	150	84	55	11	0	29/12/2016	49	0,4	99,6
2	41,3	29,8	121	50	36	35	0	29/12/2016	47	1,0	99,0
3	66,1	28,4	109	72	31	6	0	24/12/2016	45	2,0	98,0
4	70,7	25,2	123	87	31	5	0	23/12/2016	49	0,0	100,0
5	72,1	20,9	129	93	27	8	1	16/12/2016	52	0,9	99,1
6	58,2	19,7	122	71	24	27	0	16/01/2017	49	0,3	99,7
7	76,4	19,5	123	94	24	5	0	11/01/2017	49	0,4	99,6
8	75,3	17,7	158	119	28	11	0	01/01/2017	48	0,2	99,8
9	71,1	16,8	149	106	25	17	1	14/01/2017	48	0,2	99,8
10	58,5	15,3	118	69	18	31	0	31/12/2016	49	0,3	99,7
11	76,5	12,7	102	78	13	11	0	16/12/2016	51	0,8	99,2
12	72,1	12,4	129	93	16	18	2	22/12/2016	59	0,4	99,6
13	72,2	12,4	97	70	12	15	0	05/12/2016	51	0,4	99,6
14	82,0	12,0	133	109	16	8	0	30/12/2016	49	0,6	99,4
15	73,7	8,8	114	84	10	20	0	30/12/2016	49	0,0	100,0
16	85,4	7,3	123	105	9	9	0	11/12/2016	50	0,5	99,5
17	86,1	7,3	137	118	10	9	0	17/12/2016	48	0,2	99,8
18	44,4	5,6	90	40	5	44	1	14/12/2016	51	0,5	99,5
19	78,0	4,9	123	96	6	21	0	20/12/2016	48	1,1	98,9
20	78,0	4,9	123	96	6	21	0	20/12/2016	48	0,6	99,4
21	89,6	4,7	106	95	5	6	0	26/12/2016	48	0,6	99,4
22	85,8	4,2	120	103	5	12	0	19/12/2016	51	0,3	99,7
23	84,8	3,3	151	128	5	18	0	19/12/2016	46	0,5	99,5
24	90,2	3,3	92	83	3	6	0	09/12/2016	51	0,2	99,8
25	92,6	3,2	94	87	3	4	0	14/12/2016	49	11,5	88,5
26	64,9	1,8	114	74	2	37	1	07/12/2016	50	1,0	99,0
27	88,0	1,6	125	110	2	13	0	20/01/2017	48	0,3	99,7
28	61,4	1,4	70	43	1	26	0	23/12/2016	52	1,0	99,0
29	43,7	1,3	151	66	2	83	0	25/12/2016	47	0,0	100,0
30	34,0	0,9	106	36	1	67	2	06/12/2016	49	0,8	99,2
31	87,4	0,9	111	97	1	13	0	09/12/2016	48	1,0	99,0
32	84,4	0,7	147	124	1	22	0	19/12/2016	51	3,0	97,0
33	12,5	0,0	80	10	0	70	0	14/12/2016	51	8,9	91,1
34	29,5	0,0	139	41	0	98	0	15/12/2016	50	2,8	97,2
35	65,6	0,0	93	61	0	32	0	20/12/2016	50	0,2	99,8
36	96,7	0,0	92	89	0	3	0	04/12/2016	52	2,6	97,4
37	46,9	0,0	113	53	0	56	4	28/12/2016	54	0,0	100,0

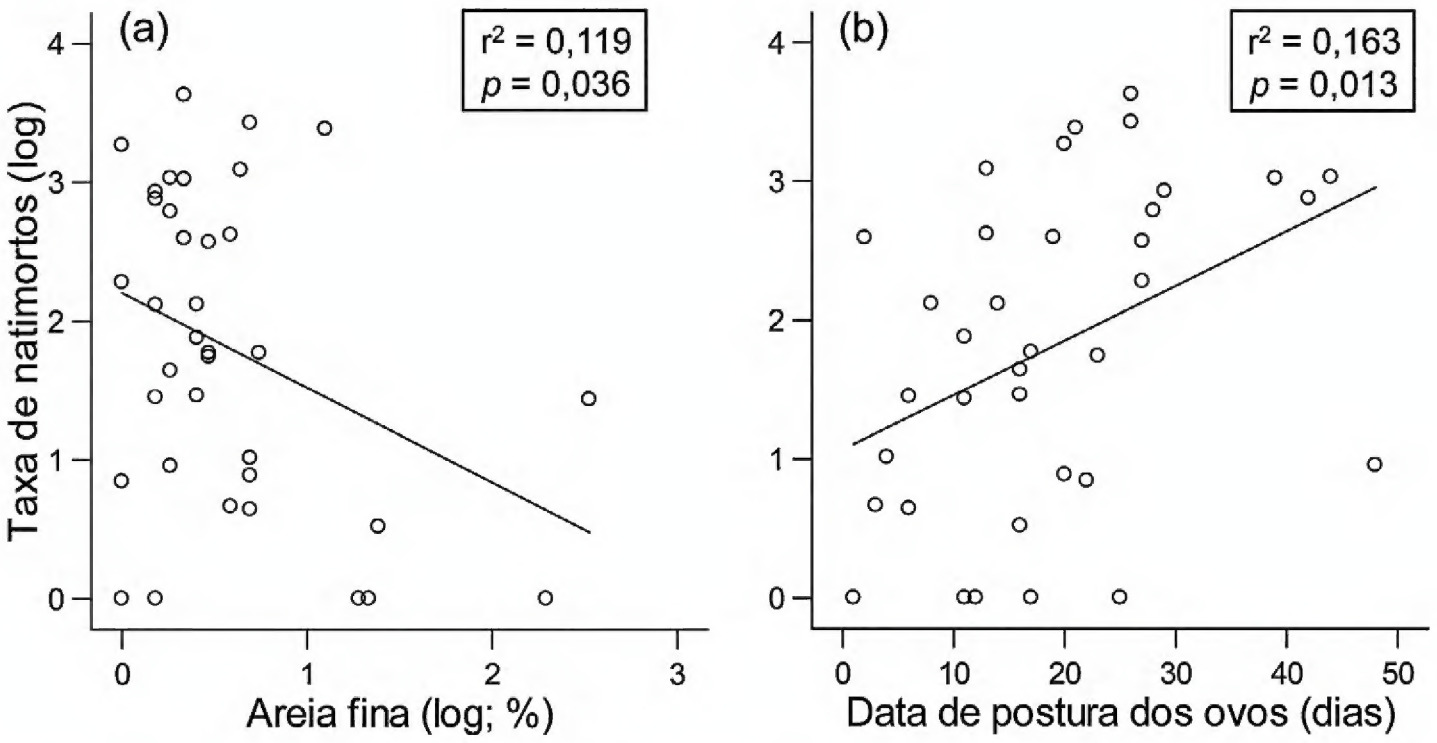

Figura 1. Relação entre a taxa de natimortos e a proporção de areia fina **a** e a data de postura dos ovos **b** nos ninhos de *Caretta caretta* localizados entre os Km 1 a 13 no litoral de Mata de São João, Bahia, Brasil. São mostrados o coeficiente de determinação (r^2), a significância da relação (valor de p) e a linha de regressão. Os círculos representam os ninhos avaliados (n = 37). A data de postura dos ovos variou de 1 (correspondendo a 4 de dezembro de 2016) a 48 (correspondendo a 20 de janeiro de 2017).

A taxa de eclosão não se correlacionou significativamente ($p > 0,05$) com nenhuma das variáveis amostradas (i.e., granulometria da areia, data de postura e tempo de incubação dos ovos). Por outro lado, foi encontrada uma relação negativa significativa entre a taxa de natimortos e a proporção de areia fina ($r^2 = 0,119$; $p = 0,036$; Figura 1a), indicando que uma fração maior de areia fina tem um efeito positivo no sucesso de eclosão dos ninhos. A taxa de natimortos também foi positiva e significativamente relacionada com a data de postura dos ovos, havendo uma tendência de maior taxa de natimortos quanto mais tardia foi a data de postura dos ovos ($r^2 = 0,163$; $p = 0,013$; Figura 1b).

Discussão

Parece haver um consenso entre os pesquisadores de que as condições ambientais dos locais de desova de tartarugas marinhas são um aspecto chave no desenvolvimento dos embriões (Mortimer 1990; Garret *et al.* 2010; Kobayashi *et al.* 2017). Diversos trabalhos têm indicado que fatores abióticos como granulometria, temperatura e umidade do local da postura de ovos das tartarugas marinhas podem influenciar diretamente no desenvolvimento dos embriões (e.g., Ackerman, 1980; Foley *et al.* 2006; Bosquirolli *et al.* 2007; Ferreira Júnior *et al.* 2008; Fadini *et al.* 2011; Marco *et al.* 2017; Salleh *et al.* 2018). Por outro lado, algumas linhas de evidência demonstram que, em alguns casos, o sucesso na eclosão dos ovos pode não ter relação significativa com a granulometria da areia dos ninhos (e.g., Yalçin-Özdilek *et al.* 2007; Santos e Ferreira Júnior, 2009).

No presente estudo foi observado que o sucesso na eclosão dos ovos apresentou uma relação positiva com a proporção de areia fina nos ninhos. A areia fina oferece maior troca gasosa e de nutrientes, sendo que em locais com maior proporção de areia fina, a temperatura média é menor do que em locais com maior proporção de areia grossa. O aquecimento metabólico nos estágios finais de desenvolvimento aumenta a temperatura do ninho acima do limite viável e acaba matando por desidratação os embriões e filhotes pré-emergentes (Ferreira Júnior, 2009b). Além disso, a temperatura média da incubação pode ser afetada, segundo Mrosovsky *et al.* (1999), por variações de curta duração na temperatura, pelo tamanho da ninhada e calor metabólico produzido, pelo grau de compactação da areia que dificulta a saída dos filhotes dos ninhos e por variações da pluviosidade. Há indicações de que em areias mais secas ocorra a desidratação dos ovos, elevando o número de natimortos (Packard *et al.* 1981, 1989). Visto que ninhos com maior proporção de areia fina são mais úmidos que ninhos com mais areia grossa (Castro, 2003; Ferreira Júnior, 2009a), é esperado que a maior umidade aumente a taxa de eclosão para a tartaruga marinha *C. caretta*, desde que o ninho não se encontre encharcado. Ninhos mais secos em geral, resultam em nascimento de filhotes antes do tempo (ovos com curto período de incubação), havendo uma maior taxa de ovos não eclodidos, o que pode ocorrer pela baixa troca de gases e nutrientes (Ackerman e Prange, 1972; Ackerman, 1980; Ackerman *et al.* 1985; Packard *et al.* 1989, 1991). Tal fato pode explicar o motivo pelo qual a taxa de natimortos apresentou uma relação significativa com a data de postura dos ovos, tendo em vista que o regime de chuvas durante o período de incubação dos ovos pode ter influenciado diretamente na temperatura, umidade e consequentemente na sobrevivência da ninhada.

Visto que a granulometria da areia influenciou de maneira significativa o sucesso na eclosão dos ovos de *C. caretta*, há evidências de que a transferência dos ovos para locais mais favoráveis (e.g., com maior proporção de areia fina) potencialmente resultarão em um maior sucesso na taxa de eclosão dos ninhos dessa espécie (Candan, 2018). De uma maneira prática, uma alternativa potencial para o incremento da taxa de eclosão em áreas com baixo sucesso na eclosão seria a transferência dos ovos para locais (de preferência em local próximo, na mesma praia) com um histórico de alto índice de sucesso de eclosão, aumentando as chances de sobrevivência dos ovos. Sugere-se a coleta de mais amostras de areia para análise granulométrica com o fim de detectar locais mais adequados para transferências das desovas que potencialmente se encontrarem em locais já definidos pelo estudo como baixa eclosão.

Agradecimentos

Agradecemos a J. S. Miranda, M. T. Souza e dois revisores anônimos pela revisão crítica nas versões iniciais do manuscrito. Aos tartarugueiros Raimundo e Almir pelo apoio na coleta de dados, a M. Gandu e A. Jardim pelo apoio na coleta das amostras de areia. À Fundação Pro-TAMAR, base Sauípe pelo apoio logístico em todas as etapas deste estudo.

Referências

ABALO-MORLA, S.; MARCO, A.; TOMÁS, J.; REVUELTA, O.; ABELLA, E.; MARCO, V.; CRESPO-PICAZO, J.L.; FERNÁNDEZ, C.; VALDÉS, F.; ARROYO, M.C.; MONTERO, S.; VÁZQUEZ, C.; EYMAR, J.; ESTEBAN, J.A.; PELEGRÍ, J.; BELDA, E.J. 2018. Survival and dispersal routes of head-started loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) post-hatchlings in the Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 165(3):51. https://doi.org/10.1007/s00227-018-3306-2

ACKERMAN, R.A. 1980. Physiological and ecological aspects of gas exchange by sea turtle eggs. *American Zoology*, 20(3):575–583. https://doi.org/10.1093/icb/20.3.575

ACKERMAN, R.A.; PRANGE, H.D. 1972. Oxygen diffusion across a sea turtle (*Chelonia mydas*) egg shell. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 43(4):905–909. https://doi.org/10.1016/0300-9629(72)90162-4

ACKERMAN, R.A.; SEAGRAVE, R.C.; DMI'EL, R.; AR, A. 1985. Water and heat exchange between parchment-shelled reptile eggs and their surroundings. *Copeia*, 1985(3):703–711. https://doi.org/10.2307/1444764

ALMEIDA JÚNIOR, M.V.C.; ANJOS, J.A.S.A.; SAMPAIO, F.J. 2013. Mapeamento geológico da zona costeira limitada pela foz do rio Pojuca e a praia de Imbassaí, Mata de São João - Bahia. *Geologia USP. Série Científica*, 13(3):41–50. https://doi.org/10.5327/Z1519-874X201300030005

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6):711–728. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507

BERRY, M.; BOOTH, D.T.; LIMPUS, C.J. 2013. Artificial lighting and disrupted sea-finding behaviour in hatchling loggerhead turtles (*Caretta caretta*) on the Woongarra coast, south-east Queensland, Australia. *Australian Journal of Zoology*, 61(2):137–145. https://doi.org/10.1071/ZO13028

BOSQUIROLLI, M.R.B.; CASTRO, P.T.A.; ZAGONEL, T. 2007. *Influência da granulometria do substrato na taxa de eclosão de ninhos de tartaruga cabeçuda (Caretta caretta – Linnaeus, 1758) em praias do litoral norte da Bahia, Brasil.* 2007. Monografia de Especialização, Nec / Ccbs / Pucpr, Arembepe, 22 p.

CANDAN, O. 2018. Impact of nest relocation on the reproductive success of Loggerhead Turtles, *Caretta caretta*, in the Göksu Delta, Turkey (Reptilia: Cheloniidae). *Zoology in the Middle East*, 64(1):38–46. https://doi.org/10.1080/09397140.2017.1414978

CARRERAS, C.; PASCUAL, M.; TOMÁS, J.; MARCO, A.; HOCHSHEID, S.; CASTILLO, J. J.; GOZALBES, P.; PARGA, M.; CARDONA, L. (2018). Sporadic nesting reveals long distance colonisation in the philopatric loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). *Scientific Reports*, 8(1):1435. https://doi.org/10.1038/s41598-018-19887-w

CASALE, P.; TUCKER, A.D. 2017. *Caretta caretta* (amended version of 2015 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T3897A119333622. https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-2.RLTS.T3897A119333622.en

CASTRO, P.T.A. 2003. Geological control of *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* nesting areas in rio Javaés, Bananal Island, Brazil. *Acta Amazonica*, 33(3):445–468. https://doi.org/10.1590/S0044-59672003000300010

DICK, R.P.; THOMAS, D.R.; HALVORSON, J.J. 1996. Standardized methods, sampling, and sample pretreatment. *In:* J.W. DORAN; A.J. JONES (eds.), *Methods for Assessing Soil Quality.* Madison, SSSA Special Publication 49, p. 107–121. https://doi.org/10.2136/sssaspecpub49.c6

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1997. *Manual de métodos e análises de solo.* 2ª ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA/CNPSO, 212 p.

FADINI, L.S.; SILVA, A.G.; FERREIRA-JÚNIOR, P.D. 2011. Sedimentary characteristics and their effects on hatching success and incubation duration of *Caretta caretta* (Testudines: Cheloniidae) in Espirito Santo, Brazil. *Zoologia*, 28(3):312–320. https://doi.org/10.1590/S1984-46702011000300005

FERREIRA JÚNIOR, P.D. 2009a. Aspectos ecológicos da determinação sexual em tartarugas. *Acta Amazonica*, 39:139–154. https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000100014

FERREIRA JÚNIOR, P.D. 2009b. Efeitos de fatores ambientais na reprodução de tartarugas. *Acta Amazonica*, 39(1):319–334. https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000200011

FERREIRA JÚNIOR, P.D.; ROSA, M.F.; LORENZO, M.; MONTEIRO, M.F.; AZEVEDO, R.R. 2008. Influência das características geológicas do local de desova na duração da incubação e no sucesso da eclosão dos ovos de *Caretta caretta* na praia da Guanabara, Anchieta, Espírito Santo. *Iheringia, Série Zoologia,* 98(4):447–453. https://doi.org/10.1590/S0073-47212008000400005

FOLEY, A.M.; PECK, S.A.; HARMAN, G.R. 2006. Effects of sand characteristics and inundation on the hatchling success of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) clutches on low-relief mangrove islands in southwest Florida. *Chelonian Conservation and Biology*, 5:32–41. https://doi.org/10.2744/1071-8443(2006)5[32:EOSCAI]2.0.CO;2

FUENTES, M.M.P.B.; LIMPUS, C.J.; HAMANN, M. 2011. Vulnerability of sea turtle nesting grounds to climate change. *Global Change Biology*, 17(1):140–153. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02192.x

FUENTES, M.; PIKE, D.A.; DIMATTEO, A.; WALLACE, B.P. 2013. Resilience of marine turtle regional management units to climate change. *Global Change Biology*, 19:1399–1406. https://doi.org/10.1111/gcb.12138

GARRETT, K.; WALLACE, B.P.; GARNER, J.; PALADINO, F.V. 2010. Variations in leatherback turtle nest environments: consequences for hatching success. *Endangered Species Research*, 11(2):147–155. https://doi.org/10.3354/esr00273

HAWKES, L.A.; BRODERICK, A.C.; GODFREY, M.H.; GODLEY, B.J. 2007. Investigating the potential impacts of climate change on a marine turtle population. *Global Change Biology*, **13**:923–932. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01320.x

HUTCHINSON, B.J.; HUTCHINSON, A. 2006. A global snapshot of loggerheads and leatherbacks. *SWOT Report*, 2:20–25.

KOBAYASHI, S.; WADA, M.; FUJIMOTO, R.; KUMAZAWA, Y.; ARAI, K.; WATANABE, G.; SAITO, T. 2017. The effects of nest incubation temperature on embryos and hatchlings of the loggerhead sea turtle: Implications of sex difference for survival rates dur-

ing early life stages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 486:274–281. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2016.10.020

LALOË, J.O.; COZENS, J.; RENOM, B.; TAXONERA, A.; HAYS, G.C. 2017. Climate change and temperature-linked hatchling mortality at a globally important sea turtle nesting site. *Global Change Biology*, 23(11):4922–4931. https://doi.org/10.1111/gcb.13765

LOPEZ, G.G.; SALIÉS, E.D.C., LARA, P.H., TOGNIN, F., MARCOVALDI, M.A.; SERAFINI, T.Z. 2015. Coastal development at sea turtles nesting ground: Efforts to establish a tool for supporting conservation and coastal management in northeastern Brazil. *Ocean & Coastal Management*, 116:270–276. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.07.027

LUTZ, P.L.; MUSICK, J.A. (ed.) 1997. *The biology of sea turtles*. Boca Raton, CRC Press. 432 p.

MARCO, A.; ABELLA-PEREZ, E.; TIWARI, M. 2017. Vulnerability of loggerhead turtle eggs to the presence of clay and silt on nesting beaches. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 486:195–203. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2016.10.015

MARCO, A., ABELLA, E., MARTINS, S., LÓPEZ, O., & PATINO-MARTINEZ, J. (2018). Female nesting behaviour affects hatchling survival and sex ratio in the loggerhead sea turtle: implications for conservation programmes. *Ethology Ecology & Evolution*, 30(2):141–155. https://doi.org/10.1080/03949370.2017.1330291

MATSUZAWA, Y.; SATO, K.; SAKAMOTO, W.; BJORNDAL, K. 2002. Seasonal fluctuations in sand temperature: effects on the incubation period and mortality of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) pre-emergent hatchlings in Minabe, Japan. *Marine Biology*, 140(3):639–646. https://doi.org/10.1007/s00227-001-0724-2

MILLER, J.D., LIMPUS, C.J.; GODFREY, M.H. 2003. Nest site selection, oviposition, eggs, development, hatching, and emergence of loggerhead turtles. *In:* A.B. Bolten; B.E. Witherington (eds.), *Loggerhead Sea Turtles*. Washington, DC, Smithsonian Books, p. 125–143. https://doi.org/10.1086/431100

MORTIMER, J.A. 1990. The influence of beach sand characteristics on the nesting behavior and clutch survival of green turtle (*Chelonia mydas*). *Copeia*, 1990(3):802–817. https://doi.org/10.2307/1446446

MROSOVSKY, N. 1994. Sex ratios of sea turtles. *Journal of Experimental Zoology*, 270:16–27. https://doi.org/10.1002/jez.1402700104

MROSOVSKY, N.; BAPTISTOTTE, C.; GODFREY, M.H. 1999. Validation of incubation duration as an index of the sex ratio of hatchling sea turtles. *Canadian Journal of Zoology*, 77(5):831–835. https://doi.org/10.1139/z99-039

PACKARD, G.C.; PACKARD, M.J.; BOARDMAN, T.J. 1981. Patterns and possible significance of water exchange by flexible-shelled eggs of painted turtles (*Chrysemys picta*). *Physiological Zoology*, 54(1):165–178. https://doi.org/10.1086/physzool.54.1.30155815

PACKARD, G.C.; PACKARD, M.J.; BIRCHARD, G.F. 1989. Sexual differentiation and hatching success by painted turtles incubated in different thermal and hydric environmental. *Herpetologica*, 45(4):385–392.

PACKARD, G.C.; PACKARD, M.J.; BENIGAN, L. 1991. Sexual differentiation, growth, and hatching success by embryonic painted turtles incubated in wet and dry environments at fluctuating temperatures. *Herpetologica*, 47(1):125–132.

PHAM, C.K.; RODRÍGUEZ, Y.; DAUPHIN, A.; CARRIÇO, R.; FRIAS, J.P.; VANDEPERRE, F.; *et al.* 2017. Plastic ingestion in oceanic-stage loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) off the North Atlantic subtropical gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 121(1–2):222–229. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.008

PUTMAN, N.F.; SCOTT, R.; VERLEY, P.; MARSH, R.; HAYS, G.C. 2012. Natal site and offshore swimming influence fitness and long-distance ocean transport in young sea turtles. *Marine Biology*, 159(10):2117–2126. https://doi.org/10.1007/s00227-012-1995-5

QUINN, G.P.; KEOUGH, M.J. 2002. *Experimental design and data analysis for biologists.* 1 ed., Cambridge, Cambridge University Press, 537p. https://doi.org/10.1017/CBO9780511806384

SALLEH, S.M.; NISHIZAWA, H.; ISHIHARA, T.; SAH, S.A.M.; CHOWDHURY, A.J.K. 2018. Importance of sand particle size and temperature for nesting success of Green Turtles in Penang Island, Malaysia. *Chelonian Conservation and Biology*, 17(1):116–122. https://doi.org/10.2744/CCB-1266.1

SANTOS A.S.; ALMEIDA, A.P.; SANTOS, A.J.B.; GALLO, B.; GIFFONI, B.; BAPTISTOTTE, C.; *et al.* 2011. *Plano de ação nacional para a conservação das tartarugas marinhas.* Brasília, ICMBio. Disponível em: <http://ibimm.org.br/wp-content/uploads/2017/05/plano-nacional-conserva%C3%A7%C3%A3o-tartarugas-marinhas.pdf> [Acesso em: 08 fev. 2018.]

SANTOS, C.H.; FERREIRA JÚNIOR, P.D. 2009. Influence of nesting place on incubation of *Dermochelys coriacea* Vandelli, 1761 (Testudines: Dermochelyidae) in Reserva Biológica de Comboios, norte do estado Espírito Santo, Brazil. *Biota Neotropica*, 9(3): https://doi.org/10.1590/S1676-06032009000300038

SERAFINI, T.Z.; LOPEZ, G.G.; ROCHA, P.L.B. 2009. Nest site selection and hatching success of hawksbill and loggerhead sea turtles (Testudines, Cheloniidae) at Arembepe Beach, northeastern Brazil. *Phyllomedusa*, 8(1):3–17. https://doi.org/10.11606/issn.2316-9079.v8i1p03-17

SIMÕES, T.N.; SILVA, A.C.; SANTOS, D.M. 2014. Temperatura de incubação e razão sexual em filhotes recém-eclodidos da tartaruga marinha *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) no município do Ipojuca, Pernambuco, Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 54:363–374. https://doi.org/10.1590/0031-1049.2014.54.25

SOUZA, N.L.N.; CARNEIRO, M.T.W.D.; PIMENTEL, E.F.; FROSSARD, A.; FREIRE, J.B.; ENDRINGER, D.C.; FERREIRA JÚNIOR, P.D. 2018. Trace elements influence the hatching success and emergence of *Caretta caretta* and *Chelonia mydas*. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 50:117–122. https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.06.007

SWIGGS, J.; PALADINO, F.V.; SPOTILA, J.R.; TOMILLO, P.S. 2018. Depth of the drying front and temperature affect emergence of leatherback turtle hatchlings from the nest. *Marine Biology*, 165:91. https://doi.org/10.1007/s00227-018-3350-y

TOMÁS, S. 2016. *Ecologia reprodutiva e conservação da tartaruga cabeçuda (*Caretta caretta*) no sul da Bahia, Brasil.* Dissertação de Mestrado, IPÊ - Instituto de Pesquisas Ecológicas, Nazaré Paulista, 47 p.

UICN - Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. 1995. *Estrategia mundial para la conservación de las tortugas marinas.* UICN/CSE, 26 p.

WOOD, D.W.; BJORNDAL, K.A. 2000. Relation of temperature, moisture, salinity, and slope to nest site selection in loggerhead sea turtles. *Copeia*, 2000(1):119–128. https://doi.org/10.1643/0045-8511(2000)2000[0119:ROTMSA]2.0.CO;2

YALÇIN-ÖZDILEK, S.; ÖZDILEK, H. G.; OZANER, F. S. 2007. Possible influence of beach sand characteristics on green turtle nesting activity on Samanda Beach, Turkey. *Journal of Coastal Research*, 23:1379–1390. https://doi.org/10.2112/06-0630.1

Resumo

As características ambientais dos locais de desova de tartarugas marinhas podem interferir diretamente no sucesso de eclosão dos ovos. O objetivo do presente estudo foi avaliar os fatores que interferem no sucesso de eclosão nos ninhos da tartaruga marinha cabeçuda (*Caretta caretta*). Foram utilizados dados de 37 ninhos de *C. caretta* do litoral da Mata de São João, Bahia, nordeste do Brasil, obtidos do TAMAR, base Sauípe. Em cada ninho foram coletadas amostras de areia para a determinação da granulometria. Foi encontrada uma relação negativa significativa entre a taxa de natimortos e a proporção de areia fina ($r^2 = 0{,}119$; $p = 0{,}036$), indicando que uma fração maior de areia fina tem um efeito positivo no sucesso de eclosão dos ninhos. A data de postura dos ovos também influenciou significativamente na taxa de natimortos ($r^2 = 0{,}163$; $p = 0{,}013$), havendo tendência de maior taxa de natimortos quanto mais tardia foi a data de postura dos ovos. Há indicações de que a transferência dos ovos para locais com características granulométricas mais favoráveis pode ser considerada como uma alternativa potencial para elevar a taxa de sucesso da eclosão dos ovos de *C. caretta*.

Palavras-chave

Areia, conservação, fatores abióticos, ninho, taxa de natimortos.